

УДК 632.651

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕМАТОД СЕМЕЙСТВА TRICHODORIDAE —  
ПЕРЕНОСЧИКОВ ТОБРАВИРУСОВ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

© Н. И. Козырева, Н. Д. Романенко

Центр паразитологии Института проблем эволюции  
и экологии им. А. Н. Северцова РАН  
Ленинский пр., 33,  
Москва, 199071  
E-mail: n\_kozyreva@list.ru  
Поступила 09.06.2008

В результате проведенных исследований в 6 районах Московской обл. выявлено 3 вида триходорид, являющиеся переносчиками тобравирюсов: *Trichodorus similis*, *T. primitivus*, *Paratrichodorus teres*. Частота совпадения очагов распространения триходорид и вируса погрешковости табака (TRV) составляла 73 %. Установлены основные типы фитоценозов и виды растений — хозяев триходорид. Отмечено широкое распространение триходорид в агроценозах, где частота встречаемости их в отдельные годы достигала 50 % в посадках картофеля и 25 % в посевах ячменя. Установлено влияние факторов среды (типа почвы, кислотности, механического состава почвы) на распространение этих нематод: триходориды чаще встречались в легких песчаных и супесчаных почвах. Установлен двухпиковый характер сезонной динамики *P. teres*. Выявлен высокий уровень поражения посадок картофеля вирусом погрешковости табака на фоне комплексной вирусной инфекции. Изучены различные сорта картофеля на зараженность их TRV и другими вирусными инфекциями.

Нематоды сем. Trichodoridae — небольшая группа фитопаразитических нематод, ограниченная 4 родами. Они относятся к эктопаразитам корневой системы растений и вызывают симптомы «оборванных корней», т. е. появление укороченных вздутых корней. В последнее время интерес к изучению нематод этого семейства значительно возрос в связи с выявлением их роли как переносчиков вирусных заболеваний важнейших культур. Триходориды являются переносчиками палочковидных вирусов (тобравирюсов), поражающих около 400 видов растений. В настоящее время известно, что к переносу вирусов способна лишь часть видов триходорид, относящихся к 2 родам *Trichodorus* и *Paratrichodorus*: 13 из около 70 видов нематод этих родов переносят 3 вида вирусов из группы тобравирюсов, которые наносят существенный вред широкому кругу растений, особенно луковичным декоративным культурам и картофелю (Santos et al., 1997; Ferraz, Brown, 2002). Широкие исследования взаимоотношений триходорид и тобравирюсов начали проводиться в европейских странах в связи с выяснением роли триходорид в распространении болезни клубней картофеля «sprang», вызванной «Тобассо

Rattle virus». В начале 1990-х годов представители ряда европейских стран выступили с проектом общеевропейской программы изучения тобравирусов и их переносчиков.

Триходориды и связанные с ними вирусы распространены фактически повсеместно. Они обнаружены на всех континентах и на многих островах (Descaemer, Reay, 1991). Имеются литературные данные о находках нематод этого семейства на территории России и сопредельных стран: Дальнем Востоке, в Грузии, Молдавии, Эстонии, в Приуралье, на Сахалине, в Ленинградской обл. (Иванова, 1977; Романенко, 2006). Полученные нами данные по Московской обл. свидетельствуют о высокой степени зараженности картофеля комплексом триходорид и тобравирусов (Козырева, 1996; Romanenko, Kozyreva, 1998).

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проводился в 6 районах Московской обл. (Талдомском, Красногорском, Пушкинском, Ленинском, Подольском, Люберецком) и в г. Москве в естественных фитоценозах и агроценозах различной степени окультуренности. В течение 6-летних наблюдений во всех точках отбора проб на нематод оценивали тип фитоценоза, тип почвы, зараженность растений вирусными инфекциями. За весь период исследований собрано и проанализировано 828 почвенных проб. Стационарные исследования собранного материала включали: 1) определение численности и видового состава нематод, 2) вирусологическое тестирование растительного материала. Извлечение нематод из почвы осуществлялось методом просеивания и декантации (Flegg, 1977). Постоянные препараты (смонтировано 2540 препаратов) готовили по методу Сайнхорста (Seinhorst, 1959). В растительных образцах вирусы диагностировали методом серологического тестирования (ELISA), которое проводили на базе Центра биотехнологии Института картофельного хозяйства (Коренево, Московская обл.) и Лаборатории защиты растений ГБС РАН (Москва). Определение кислотности почвы проводили электрометрическим методом на базе ВСТИСП (Москва).

С целью изучения сезонной динамики триходорид в почвенном профиле проводили отбор почвенных образцов в 6-кратной повторности из ризосферы яблони на экспериментальном участке ИНПА РАН (г. Москва) на глубине 0–10, 11–30, 31–70 см методом шурфирования с мая по октябрь с интервалом в 1 месяц в течение двух вегетационных периодов. В почвенных образцах в разных слоях исследуемого профиля определяли численность нематод. Всего отобрано и проанализировано 216 почвенных проб. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке дисперсионным анализом (ANOVA).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

Распространенность триходорид в Московской обл. На территории Московской обл. обнаружено 3 вида нематод сем. Trichodoridae, относящихся к родам *Trichodorus* и *Paratrichodorus*: *T. similis*, *T. primitivus*, *P. teres*. Все 3 вида являются переносчиками тобравирусов. Установлено, что высокие плотности нематод—вирусоносителей в большинстве обследованных фитоценозов сопровождаются вирусными эпифитотиями, среди возбудителей которых

наиболее часто регистрируется переносимый этими нематодами вирус «Тобассо Rattle virus» (TRV). Отмечено, что частота совпадения очагов распространения триходорид и тобравирусов приближается к 3/4 (в 73 % выявленных очагов триходорид растения были поражены тобравирусами). Установлены основные типы фитоценозов и виды растений—хозяев, в ризосфере которых обнаружены триходориды.

Распространение триходорид в различных фитоценозах. Установлено широкое распространение триходорид в Московской обл., как в окультуренных почвах, так и в естественных условиях. Триходориды обнаружены в ризосфере различных культурных и дикорастущих растений (табл. 1).

Отмечено, что триходорид чаще встречались в окультуренных почвах, особенно в посадках картофеля и посевах ячменя. В целом около 50 % обследованных почв агроценозов заражены триходоридами.

В естественных условиях триходориды встречались реже, но их распространение носило более агрегированный характер, и численность достигала более высоких значений. В целом средняя численность триходорид от общего количества нематод в пробах колебалась от 0.2 до 11 % в агроценозах и до 32 % в природных очагах.

Влияние некоторых почвенных факторов на распространение триходорид. Распространение нематод во многом зависит от экологических факторов, в частности типов почв, механического состава, влажности, почвенной кислотности и других характеристик. В Московской обл. триходориды встречались в различных типах почв, исключая заболоченные почвы с развитым процессом оглеения и почвы с тяжелым механическим составом. Наиболее распространенным типом для этих нематод была дерново-подзолистая почва разной степени окультуренности. Известно, что триходориды предпочитают легкие по механическому составу почвы, обеспечивающие опти-

Таблица 1  
Распространение триходорид в различных фитоценозах Московской области  
Table 1. Distribution of trichodoriids in different phytocenoses of Moscow Oblast

Фитоценоз	Растение—хозяин	Вид триходорид <i>Trichodorus</i>	Численность триходорид (особей/л)	Частота встречаемости, %*
Агроценозы				
Пропашные культуры	Картофель	<i>T. primitivus</i> <i>T. similis</i>	30—50	55.6
Плодовые культуры	Черная смородина	<i>P. teres</i>	30	7
	Яблоня	То же	110	42
	Земляника	<i>Trichodorus</i> sp.	40	23
Злаковые	Ячмень	<i>T. primitivus</i>	30—80	16—25
Бобовые	Горох	<i>Trichodorus</i> sp.	70	12
Естественные ценозы				
Лесной	Дикая малина	<i>Trichodorus</i> sp.	450	13
Луговой	Мятлик	<i>T. primitivus</i>	80	10
	Пижма	<i>Trichodorus</i> sp.	20—30	25
Лугово-пойменный	Клевер	<i>T. primitivus</i>	30—100	9—35
	Овсяница, мятлик	То же	30—100	

Примечание. \* — число проб, содержащих триходорид, от общего числа проанализированных проб.

Таблица 2  
Частота встречаемости триходорид  
в зависимости от механического состава почв  
Table 2. Frequency of the trichodorids'  
occurrence depending on soil texture

№	Почвы различного механического состава	Частота встречаемости триходорид, %
1	Супесь	77 a
2	Опесчаненный суглинок	57 b
3	Легкий суглинок	33 c
4	Средний суглинок	25 d
5	Тяжелый суглинок	0
		HCP <sub>0.05</sub> = 8.21

мальную аэрацию и влажность (Taylor, Brown, 1997). Распространение триходорид в Московской обл. также связано с легкими песчаными и супесчаными почвами флювиогляциального происхождения; они были отмечены даже в грубопесчаной почве с примесью моренного галечника ( $P < 0.05$ ). Частота встречаемости этих нематод была ниже в легких суглинках, в средних и тяжелых суглинках они встречались в единичных экземплярах, а в тяжелых глинистых почвах вообще не были обнаружены. По результатам статистической обработки (неравномерный комплекс) можно констатировать статистически значимые различия между всеми вариантами на уровне 95 %, за исключением вариантов 3 и 4, различия между которыми не превышают значения HCP (табл. 2).

При исследовании влияния кислотности почвы на распространение триходорид обнаружено, что высокая численность этих нематод может наблюдаться в сильнокислых почвах: например, в почве лесного малинника с pH 4.3 численность их составляла 450 особей/л. В целом триходориды встречались в почвах как с низким, так и с высоким уровнем кислотности (pH 4.0—7.5), при этом нематоды вида *Paratrichodorus teres* предпочитали почвы, имеющие близкую к нейтральной и слабощелочную реакцию среды (pH 6.5—7.0), а для *Trichodorus primitivus* и *T. similis* оптимальная кислотность почвы pH 5.8—7.0.

Изучение вертикального распределения триходорид в почвенном профиле и сезонные изменения их численности в зависимости от климатических факторов и физиологической активности растений—хозяев проводили в течение 2 вегетационных периодов на примере популяции *Paratrichodorus teres*. В результате изучения сезонной динамики численности *P. teres* в ризосфере яблони установлен двухпиковый характер этой динамики в почвенном профиле (0—70 см): 1-й пик численности приходился на май—июнь, 2-й — на сентябрь ( $P < 0.05$ ). В целом такая динамика характерна для фитопаразитов многолетних культур и совпадает с периодами физиологической активности растений—хозяев. При отклонении климатических условий (количество осадков, температуры) от среднемесячных, по-видимому, происходило смещение максимумов численности нематод во всех почвенных горизонтах: так, во второй год наблюдения, 1-й пик численности *P. teres* наблюдали в более поздний срок (в июле), что связано, по-видимому, с климатическими особенностями данного года — крайней сухостью мая и оби-

Таблица 3

Сезонная динамика численности нематод-триходорид *Paratrichodorus teres* (особь/л) в почвенном профиле за период вегетации (n = 6)

Table 3. Seasonal dynamics of the *Paratrichodorus teres* abundance (ind/l) in soil strata during vegetation (n = 6)

Глубина горизонта, см	Даты отбора проб / средняя численность триходорид*					
	1.06	23.06	6.07	11.08	25.08	20.09
0—10	61	63	70	31	0	99 a
11—40	40	40	70	21	10	55 b
41—70	33	41	62	30	10	41 b
Средняя численность	34.6	48.0	67.3	27.3	6.6	51.6 c

Примечание. \* —  $P < 0.05$  (при сезонной динамике численности нематод).

льными осадками в конце июня, превышающими норму в 2 раза. В отличие от сезонной динамики триходорид, у которых выявилось четкое различие в изменении плотности популяции в почве ( $P < 0.05$ ), при горизонтальном распределении статистические различия в их численности не всегда были достоверны ( $P > 0.05$ ). Поэтому здесь можно говорить только о тенденции изменения численности триходорид в зависимости от горизонта почвы. В периоды высокой увлажненности почвы максимальная численность триходорид наблюдалась в верхнем почвенном горизонте, а при уменьшении осадков и повышении температуры максимум их численности был приурочен к глубине 40—70 см, где концентрировалась основная масса мелких и средних корней (табл. 3). Следует отметить, что перепады численности триходорид оказывались более существенными в верхнем горизонте, где изменения влажности были более значительны. С глубиной численность триходорид уменьшалась, в более глубоких слоях почвы (более 70 см) отмечали единичные экземпляры триходорид.

Распространение триходорид и TRV на картофеле. Наибольшее распространение триходорид отмечено в посадках картофеля, где были распространены виды *T. primitivus* и *T. similis*, которые являются переносчиками вируса погрешности табака (TRV), наиболее опасного на картофеле.

Вирус погрешности табака отмечался в посадках картофеля в течение нескольких лет наблюдения. В табл. 4 приводятся данные по распространению TRV на фоне комплексной вирусной инфекции, представленной различными вирусами картофеля в семенных посадках (Талдомский р-н) (табл. 4).

Таким образом, зараженность посадок картофеля вирусом погрешности табака довольно значительна не только на полях, но и в частых посадках. На картофеле TRV встречался преимущественно на фоне комплексной вирусной инфекции. Наиболее часто TRV наблюдался в комплексе с вирусами XPV (X-вирус картофеля) и SPV (S-вирус картофеля), а также с YPV (V-вирус картофеля). Около 75 % зараженного растительного материала характеризовалось комплексной инфекцией, при этом моноинфекция TRV наблюдалась достаточно редко.

На разных сортах картофеля отечественной и зарубежной селекции зараженность вирусом TRV проявлялась по-разному. Наиболее пораженными TRV из зарубежных сортов оказались Бербанк и Романо, из отечествен-

Таблица 4

Распространение вирусных инфекций на картофеле  
в Талдомском р-не Московской обл. (по результатам 6-летних наблюдений)

Table 4. Distribution of viral infections in potato plantings  
from Taldomsky District of Moscow Oblast by the results of six-year observations

Год исследований	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	6-й
Вирусы	Картофельные поля (количество зараженных растений, %)						Частные посадки
TRV	27	5	10	30	32	7	32
XPV	14	11	20	28	34	90	75
YPV	—	21	24	8	11	7	4
SPV	96	10	49	25	42	82	25
MPV	3	10	50	28	54	40	42

Таблица 5

Степень заражения различных сортов картофеля вирусными инфекциями

Table 5. Rates of viral infections in different potato breeds

Сорт	Вирусы (количество зараженных растений, %)					
	TRV	XPV	YPV	SPV	MPV	PLRV
Гория	—	37	100	87	62	—
Агрия	—	9	14	17	—	—
Невский	—	—	92	95	83	—
Кварц	33	100	32	67	100	—
Диско	—	—	85	32	—	—
Калинка	22	11	99	98	100	—
Бербанк	55	48	12	—	25	50
Аноста	20	13	—	80	—	—
Орбита	3—53	16	12	48	76	4
Романо	7—38	40	12	28	32	32

ных — Орбита (табл. 5). Концентрация вирусных частиц в проростках, полученных из клубней картофеля голландского сорта, Бербанк составила 1000—1500 нг/мл. В клубнях семенного картофеля сортов Орбита и Романо, взятых на проращивание после зимнего хранения, зараженность TRV составляла 60 и 40 % соответственно. Наиболее редко встречался Р-вирус картофеля (PLRV).

Таким образом, в Московской области выявлено 3 вида триходорид, установлена взаимосвязь их распространения с tobравирuсами (в частности, TRV), оценено влияние факторов среды на распространение этих нематод и характер сезонной динамики одного из представителей — *P. teres*, выявлен высокий уровень поражения посадок картофеля вирусом погрeмковости табака на фоне комплексной вирусной инфекции и установлен прогрессирующий характер распространения вируса в течение 6 лет наблюдения.

### Список литературы

- Иванова Т. С. 1977. Корневые нематоды — вирусоносители подотряда Diphtherophorina. Л.: Наука. 93 с.
- Козырева Н. И. 1996. К вопросу изучения фауны триходорид — переносчиков тобравирусов в Московской области. Матер. науч. конф. «Систематика, таксономия и фауна паразитов». М. 65—66.
- Романенко Н. Д. 2006. Нематоды — переносчики вирусов. В кн.: Прикладная нематология. М.: Наука. 122—162.
- Decraemer W., Reay F. 1991. Trichodorid nematodes from Australia with description of two new species from native vegetation. Australian Plant Pathology. 20 : 52—66.
- Ferraz L. C. C., Brown D. J. F. 2002. An introduction to Nematodes: Plant Nematology. Pensoft, Sofia—Moscow. 221 p.
- Flegg J. J. M. 1977. Extraction of *Xiphinema* and *Longidorus* species from soil by a modification of Cobb's decanting of Sielving technique. Ann. Appl. Biol. 60 : 429—437.
- Romanenko N., Kozyreva N. 1998. Investigations of trichodorid nematodes (Nematoda: Trichodoridae) and tobnaviruses in Russia. Russian Journ. of Nematology. 6 (1) : 77.
- Taylor C. E., Brown D. J. F. 1997. Nematode vectors of plant viruses. CAB International. 286 p.
- Santos M. S. N., Abrantes I. M., Brown D. J. F., Lemos R. M. 1997. An introduction to virus vector nematodes and their associated viruses. Portugal. 535 p.
- Seinhorst J. W. 1959. A parid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. Nematologica. 4 (1): 67—69.

### DISTRIBUTION OF THE NEMATODES FROM FAMILY TRICHODORIDAE, VECTORS OF THE TOBACCO RATTLE VIRUS, IN THE MOSCOW OBLAST

N. I. Kozyreva, N. D. Romanenko

*Key words:* *Trichodorus similis*, *Trichodorus primitivus*, *Paratrichodorus teres*, distribution, soil type, virus, TRV, potato, Moscow Oblast.

### SUMMARY

Three nematodes species for the family Trichodoridae, *Trichodorus similis*, *T. primitivus*, and *Paratrichodorus teres*, vectors of Tobacco Rattle virus (TRV), have been found in the vicinity of Moscow. Frequency of the joint occurrence of the above species and TRV infection was 73 %. Trichodorids occurred more often in agrocenoses, where their frequency of occurrence in some years was 50 % in potato fields and 25 % in barley fields. The effects of the environmental factors (soil type, pH, and soil texture) on the distribution of trichodorids and seasonal dynamics of *P. teres* are established. A high level of the infection with TRV, against the background of complex viral infections, in plantings of different potato breeds is revealed.